

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-133864

(43)Date of publication of application : 20.05.1997

---

(51)Int.Cl. G02B 15/16

---

(21)Application number : 07-291125 (71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 09.11.1995 (72)Inventor : HORIUCHI AKINAGA

---

## (54) REAR FOCUS TYPE ZOOM LENS

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the zoom lens which is small-sized while securing long focus and a high zoom ratio.

SOLUTION: This lens consists of a 1st lens group L1 which is fixed and has positive refracting power a 2nd lens group L2 with negative refracting power a 3rd lens L3 which is fixed and has positive refracting power a 4th lens group L4 with negative refracting power and a 5th lens group L5 with positive refracting power in order from an object side and is varied in power from the wide-angle end to the telephoto end by moving the 2nd lens group L2 toward an image plane moving the 4th lens group L4 toward the object along a concave track and focused by moving the 5th lens group L5.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The 1st lens group that has positive refractive power by immobilization in order from the object side the 2nd lens group that has negative refracting power While having the 3rd lens group that has positive refracting power by immobilization the 4th lens group that has negative refracting power and the 5th lens group that has positive refracting power and moving said 2nd lens group to the image surface side on the occasion of variable power from a wide angle end to a tele edge A rear focus type zoom lens moving said 4th lens group to the object side by a locus of concave moving said 5th lens group and performing focusing.

[Claim 2] A focal distance of  $f_T$  and the 3rd lens group is made [ a focal distance of a wide angle end ] into  $f_3$  for a focal distance of  $f_w$  and a tele edge [External Character

1]

A rear focus type zoom lens of claim 1 satisfying a conditional expression which becomes  $0.95 < f_3/f_M < 1.41$  when it carries out.

[Claim 3] A rear focus type zoom lens of claim 2 satisfying a conditional expression which becomes  $0.51 < D_{4W}/f_M < 1.97$  when  $D_{4W}$  of the lens interval of said 4th lens group in an infinite distance object of a wide angle end and said 5th lens group is carried out.

[Claim 4] A rear focus type zoom lens of claim 2 satisfying a conditional expression which becomes  $0.95 < BF/f_M < 1.50$  when distance when distance was converted into air from the last lens side of the 5th lens group in an infinite distance object of a wide angle end to the image surface is set to BF.

[Claim 5] A rear focus type zoom lens of claim 2 satisfying a conditional expression which becomes  $1.05 < |f_4|/f_M < 2.65$  when a focal distance of said 4th lens group is made into  $f_4$ .

[Claim 6] A rear focus type zoom lens of claim 1 satisfying a conditional expression which becomes  $4.9 < f_1/f_2 < 7.1$  when a focal distance of said 1st lens group and the 2nd lens group is made into  $f_1$  and  $f_2$ .

[Claim 7] A rear focus type zoom lens of claim 2 wherein said 5th lens group has an aspheric surface lens of shape in which positive refracting power becomes weak as it goes to a periphery of a lens.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the zoom lens of a rear focus type with it though it is used for the object for photographs a video camera etc. and a high variable power ratio is secured about the zoom lens of a rear focus type. [ a small front ball diameter and ] [ large caliber ]

[0002]

[Description of the Prior Art] These days in connection with small weight savings such as a home video camera remarkable progress is looked at by the miniaturization of the zoom lens for an image pick-up and power is especially directed towards shortening of an overall length the miniaturization of a front ball diameter and simplification of composition.

[0003] The so-called zoom lens of the rear focus type which moves lens groups other than the 1st lens group by the side of an object and performs a focus as one means to attain these purposes is known.

[0004] Generally compared with the zoom lens which the zoom lens of a rear focus

type moves the 1st lens group and performs a focus the effective diameter of the 1st lens group becomes small and the miniaturization of the whole lens system becomes easy. Since close photographing especially pole close photographing become possible and the further comparatively small lightweight lens group is moved the driving force of a lens group is small and ends and quick focusing is made.

[0005] As a zoom lens of such a rear focus type for example the 1st lens group more positive than the object side to order with JP62-24213A it has the 2nd negative lens group the 3rd positive lens group and the 4th positive lens group and the 2nd lens group and the 4th lens group are moved and variable power is performed and focusing is indicating the zoom lens performed by moving the 4th lens group.

[0006] While making a front ball small it is proposed by JP5-215967A as a comparatively high zoom lens.

[0007] By the way high definition-ization of a video camera is progressing with highly-efficient-izing of a videocassette recorder. Decomposition of the picture by a certain color separation optical system has attained high definition from the former as the one method. For example there are JP5-72474A JP6-51199A and JP6-347697A.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As stated above in order to attain the miniaturization of a front ball diameter and the whole system generally in the zoom lens what is called a rear focus type is suitable rather than distance doubling by the 1st lens group.

[0009] However in order that a back focus might be short or might perform the amendment and the focus of image surface fluctuation by variable power by one lens group the movement magnitude of the lens group became large and the early focus was difficult for the gazette mentioned above.

[0010] The purpose of this invention improving the fault of the above-mentioned conventional example and securing a long back focus it attains a high variable power ratio makes a focus lens group independent reduces movement magnitude and aims at offer of the rear focus type zoom lens which has good performance covering all the zoom areas and whole object distance.

[0011]

[Means for Solving the Problem] And the 1st lens group that has positive refractive power by immobilization in order from the object side a place by which it is characterized [ of this invention ] The 2nd lens group that has negative refracting power the 3rd lens group that has positive refracting power by immobilization While having the 4th lens group that has negative refracting power and the 5th lens group that has positive refracting power and moving said 2nd lens group to the image surface side on the occasion of variable power from a wide angle end to a tele edge Said 4th lens group is moved to the object side by a locus of concave and it is in moving said 5th lens group and performing focusing.

[0012] A place by which it is characterized [ other ] is carried out to stating in the

example below.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 to drawing 5 is a sectional view of the zoom lens of the numerical examples 1–5 with which this invention is related. Drawing 6 – drawing 10 show the several aberration figure of each numerical example (A) shows a wide angle end (B) shows a middle field angle and especially (C) shows the several aberration figure of a tele edge respectively.

[0014] The 2nd lens group in which the 1st lens group in which L1 has positive refractive power by immobilization in order and L2 have negative refracting power from the object side. The 3rd lens group in which L3 has positive refracting power by immobilization. The 4th lens group in which L4 has negative refracting power and L5 are the 5th lens group that has positive refracting power. While moving said 2nd lens group to the image surface side on the occasion of the variable power from a wide angle end to a tele edge as an arrow shows, said 4th lens group is moved to the object side by the locus of concave, said 5th lens group is moved and focusing is performed.

[0015] SP is a diaphragm placed in a fixed position ahead [ 3 group ]. G shows glass blocks such as a faceplate filter and a color separation prism. In focusing, 5a shows the locus of 5b and an infinite distance object for the locus of the near object. Thus the amount of deliveries by the side of the object of the 5th lens group is large as it goes to the looking–far side. In this example, though the high zoom ratio of about 15 to 16 times is given while adopting such a rear focus method and attaining shortening of a front ball diameter, focusing to a short distance object is made possible.

[0016] The 1st group has accounted for 50 to 80 percent of the weight of a lens with the common zoom lens. Therefore, in order to attain the weight saving of a zoom lens, it is effective to make material of the lens of the 1st group light or to make the lens diameter of the 1st group small and to decrease volume. So in this example, the lens diameter of the 1st group is made small and the weight saving of the whole zoom lens is attained. That is, the miniaturization of the lens diameter of the 1st group is attained by arranging a diaphragm compared with the zoom lens which has arranged the diaphragm back rather than the 4th group in between the 2nd group and the 3rd group near the 1st group, immediately the back of the 3rd group or the 3rd group. And in this example, the lens group is arranged so that a lens effective diameter may become small in both lens diameters of the 1st group determined by the lens diameter of the 1st group and the axial ray (f number beam of light) of a tele edge which are determined with the oblique ray by the side of a wide angle.

[0017] Although it is possible enough to attain the purpose of this invention above, in order to secure a predetermined back focus and to give good optical performance, the focal distance of  $f_T$  and the 3rd lens group is made [ the focal distance of a wide angle end ] into  $f_3$  for the focal distance of  $f_W$  and a tele edge [0018]

[External Character 2]

It is  $0.95 < f_3/f_M < 1.41$  when it carries out. -- (1)

It is good to satisfy the becoming conditional expression.

[0019] This conditional expression regulates the focal distance of the 3rd lens group and is greatly related to a back focus. It becomes difficult to secure a back focus required if the focal distance of the 3rd lens group is shortened exceeding the lower limit of a conditional expression in order to arrange a color separation prism. The aberration variation by a spherical aberration or astigmatic zooming becomes large and is not preferred. Although a back focus becomes long the movement magnitude of the 4th lens group becomes large whole length of the lens becomes long and it becomes impossible on the contrary to attain a miniaturization if the focal distance of the 3rd lens group is recklessly lengthened exceeding upper limit.

[0020] In order to attain effectively the shortening effect of good aberration compensation and an overall length it is preferred to satisfy the following conditional expressions.

[0021]  $0.51 < D_{4W}/f_M < 1.97$  -- (2)

However  $D_{4W}$  and  $f_M$  are about a lens interval of said 4th lens group in an infinite distance object of a wide angle end and said 5th lens group. [0022]

[External Character 3]

It is come out and given.

[0023] This conditional expression specifies the moving range of the 4th group lens which amends the image surface fluctuation accompanying variable power. If the lens interval of the 4th lens group and said 5th lens group is shortened exceeding the lower limit of a conditional expression it will become difficult to perform focusing to a point-blank range object. On the contrary if upper limit is exceeded although focusing can be performed comparatively easily the whole lens is enlarged and it is not preferred.

[0024] Space efficiency is raised by drawing a concave locus on the object side for the 4th lens group on the occasion of zooming from a wide angle end to a tele edge.

[0025] It is preferred that it is satisfied with arranging a color separation prism of the following conditions.

[0026]  $0.95 < BF/f_M < 1.50$  -- (3)

However BF is distance when distance from lens back in a wide angle end to the image surface is converted into air. If a lower limit of a conditional expression is exceeded a back focus cannot fully secure but arrangement of a color separation prism corresponding to bright FNo will become difficult. On the contrary if upper limit is exceeded whole length of the lens of a fully securable thing becomes large and a back focus's is not preferred.

[0027] Although it is related to a conditional expression (1) in order to secure a long

back focus which can arrange a color separation prism to lens back it is preferred to satisfy the following conditions.

[0028]

$$1.05 < |f_4|/f_M < 2.65 \text{ --- (4)}$$

However,  $f_4$  is a focal distance of the 4th lens group.

[0029] This conditional expression regulates a focal distance of the 4th group and is greatly related to a back focus. If a focal distance of the 4th group is shortened exceeding a lower limit of a conditional expression although a back focus becomes long it will become difficult for an aberration amount generated by the 4th group to become large and to amend. On the contrary, if a focal distance of the 4th group is lengthened exceeding upper limit it will become difficult to secure a back focus required in order to arrange a color separation prism. Movement magnitude of an image surface amendment sake becomes large, whole length of the lens becomes long and it is not desirable.

[0030] As for aberration generated in connection with variable power, since one of the purposes of this invention aims at high variable power like the above-mentioned, it is desirable to cancel in the 1st group and the 2nd group. It is  $4.9 < |f_1/f_2| < 7.1$  when a focal distance of the 1st group and the 2nd group is made with  $f_1$  and  $f_2$ . --- (5) It is satisfied. If a lower limit of a conditional expression is exceeded for high variable power, it is necessary to take large movement magnitude of the 2nd group and will enlarge and a front ball diameter will become large. On the contrary, if upper limit is exceeded, it becomes large negative, the image surface becomes the tendency to fall on the plus side greatly and the PETTSU bar sum is not preferred.

[0031] In order to attain effectively a miniaturization of a lens diameter of the 1st group and shortening of an overall length and good aberration compensation, it is preferred to satisfy the following conditional expressions.

[0032] In order to amend effectively change of a coma aberration especially generated by zooming, it is preferred to satisfy the following conditional expressions.

[0033]

$$0.48 < |f_2| \text{ and } FNo/f_M < 0.90 \text{ --- (6)}$$

This conditional expression regulates a focal distance of the 2nd group and is greatly related to FNo of a wide angle end. Since the 2nd group mainly has a variable power function, it moves by zooming in an optic-axis top. Therefore, an aberration variation to generate must be amended good. In particular, a coma aberration is changed sharply. They are the conditions for amending this good.

[0034] If FNo of a wide angle end is made bright exceeding a lower limit of a conditional expression or a focal distance of the 2nd group is shortened, high order top flare will occur greatly and amendment will become difficult. When a focal distance of the 2nd group is recklessly lengthened exceeding upper limit or FNo of a wide angle end is made dark, whole length of the lens of what goes up becomes long and it becomes impossible on the contrary for performance to attain a miniaturization.

[0035]By the above though it was easy composition about 1.6 FNo and \*\* for which high optical performance is moreover maintained with a large caliber were made possible by the variable power ratios 14-15 and high variable power.

[0036]By adopting an aspheric surface as the 5th group though it is a large caliber and a super-high double zoom lens as shown by example it becomes possible to attain a zoom lens with high optical performance.

[0037]It is used in order that an aspheric surface in the 5th group may mainly amend astigmatism of high order flare components of a spherical aberration and it is effective to give a for that purpose more strong convex. Therefore it is best for positive refracting power of the 5th group to adopt an aspheric surface as the largest positive lens.

[0038]Since it aims fundamental at amendment of a spherical aberration it is desirable for positive refracting power to serve as shape which becomes weak as an aspheric surface goes to a periphery of a lens.

[0039]Below an example of this invention is indicated.

[0040]in a numerical example --  $R_i$  -- the object side -- order -- the  $i$ -th lens thickness and air spacing and  $n_i$  and  $v_i$  of a curvature radius of the  $i$ -th lens side and  $D_i$  are refractive indices and Abbe numbers of glass of the  $i$ -th lens in order from the object side in the object side respectively.

[0041]Relation between the above-mentioned monograph affair type and many numerical values in a numerical example is shown in table-1.

[0042]When aspherical surface shape makes positive a direction of movement of the X-axis an optic axis and a perpendicular direction H axis and light in an optical axis direction and a paraxial curvature radius and each aspheric surface coefficient are set to K B C D and E for R [0043]

[External Character 4]

It expresses with the becoming formula.

[0044]For example the display of "e-X" means " $10^{-x}$ ."

[0045]

[Table 1]

[0046]

[External Character 5]

[0047]

[External Character 6]

[0048]

[External Character 7]

[0049]

[External Character 8]

[0050]

[External Character 9]

[0051]

[Effect of the Invention] Offer of the rear focus type zoom lens of a large caliber which attains a high variable power ratio makes a focus lens group independent reduces movement magnitude and has good performance covering all the zoom areas and whole object distance was attained securing a long back focus by constituting as explained above.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The lens sectional view of the numerical example 1 about this invention.

[Drawing 2] The lens sectional view of the numerical example 2 about this invention.

[Drawing 3] The lens sectional view of the numerical example 3 about this invention.

[Drawing 4] The lens sectional view of the numerical example 4 about this invention.

[Drawing 5] The lens sectional view of the numerical example 5 about this invention.

[Drawing 6] The several aberration figure of the numerical example 1 about this invention.

[Drawing 7] The several aberration figure of the numerical example 2 about this invention.

[Drawing 8] The several aberration figure of the numerical example 3 about this invention.

[Drawing 9] The several aberration figure of the numerical example 4 about this invention.

[Drawing 10] The several aberration figure of the numerical example 5 about this invention.

[Description of Notations]

L1 The 1st lens group



L2 The 2nd lens group

L3 The 3rd lens group

L4 The 4th lens group

L5 The 5th lens group

$\Delta M$  meridional image surface

$\Delta S$  sagittal image surface

d d line

c c line

---

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-133864

(43) 公開日 平成9年(1997)5月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 15/16

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 15/16

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願平7-291125

(22) 出願日

平成7年(1995)11月9日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 堀内 昭永

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ  
ン株式会社内

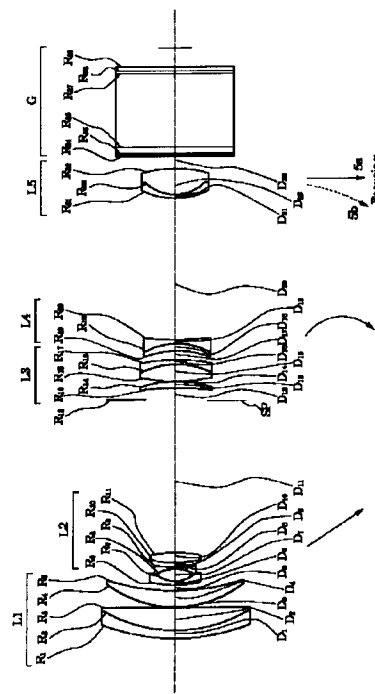
(74) 代理人 弁理士 丸島 健一

(54) 【発明の名称】 リアーフォーカス式ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 バックフォーカスが長く、高いズーム比を与えつつも小型なズームレンズを提供すること。

【解決手段】 物体側より順に、固定で正屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、固定で正の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、前記第2レンズ群を像面側へ移動させるとともに、前記第4レンズ群を物体側に凹の軌跡で移動させ、フォーカシングを前記第5レンズ群を移動させて行うこと。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、固定で正屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、固定で正の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、前記第2レンズ群を像面側へ移動させるとともに、前記第4レンズ群を物体側に凹の軌跡で移動させ、フォーカシングを前記第5レンズ群を移動させて行うことを特徴とするリアーフォーカス式ズームレンズ。

【請求項2】 広角端の焦点距離を  $f_W$ 、望遠端の焦点距離を  $f_T$ 、第3レンズ群の焦点距離を  $f_3$  とし、

【外1】

$$f_M = \sqrt{f_W \cdot f_T}$$

とした時、

$$0.95 < f_3 / f_M < 1.41$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1のリアーフォーカス式ズームレンズ。

【請求項3】 広角端の無限遠物体における前記第4レンズ群と、前記第5レンズ群のレンズ間隔を  $D_{4W}$  した時、

$$0.51 < D_{4W} / f_M < 1.97$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項2のリアーフォーカス式ズームレンズ。

【請求項4】 広角端の無限遠物体における第5レンズ群の最終レンズ面から像面まで距離を空気に換算した時の距離を  $BF$  とした時、

$$0.95 < BF / f_M < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項2のリアーフォーカス式ズームレンズ。

【請求項5】 前記第4レンズ群の焦点距離を  $f_4$  とした時、

$$1.05 < |f_4| / f_M < 2.65$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項2のリアーフォーカス式ズームレンズ。

【請求項6】 前記第1レンズ群と第2レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、 $f_2$  とした時、

$$4.9 < f_1 / f_2 < 7.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1のリアーフォーカス式ズームレンズ。

【請求項7】 前記第5レンズ群は、レンズの周辺部にいくに従って、正の屈折力が弱くなる形状の非球面レンズを有することを特徴とする請求項2のリアーフォーカス式ズームレンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、リアーフォーカス式のズームレンズに関し、特に写真用やビデオカメラ等に使用され、高変倍比を確保しながらも、前玉径が小さ

く大口径なリアーフォーカス式のズームレンズに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 最近、ホームビデオカメラ等の小型軽量化に伴い、撮像用ズームレンズの小型化にもめざましい進歩が見られ、特に全長の短縮化や前玉径の小型化、構成の簡略化に力が注がれている。

【0003】 これらの目的を達成するひとつの手段として、物体側の第1レンズ群以外のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、所謂リアーフォーカス式のズームレンズが知られている。

【0004】 一般にリアーフォーカス式のズームレンズは、第1レンズ群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて、第1レンズ群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になる。又近接撮影、特に極近接撮影が可能となり、更に比較的小型軽量のレンズ群を移動させているので、レンズ群の駆動力が小さくてすみ、迅速な焦点合わせができる。

【0005】 この様なリアーフォーカス式のズームレンズとして例えば、特開昭62-24213号公報では物体側より順に正の第1レンズ群、負の第2レンズ群、正の第3レンズ群、正の第4レンズ群を有し、第2レンズ群と第4レンズ群を移動させて変倍を行い、又フォーカシングは第4レンズ群を移動させて行うズームレンズを開示している。

【0006】 又、前玉を小型にするとともに比較的高いズームレンズとして例えば、特開平5-215967号公報に提案されている。

【0007】 ところで、ビデオデッキの高性能化にともないビデオカメラの高画質化が進んできている。その1つの方法として従来からある色分解光学系による画像の分解により高画質を達成している。例えば、特開平5-72474号公報や特開平6-51199号公報や特開平6-347697号公報がある。

## 【0008】

【発明が解決しようとしている課題】 以上述べたように、一般にズームレンズにおいて、前玉径・全系の小型化を達成するには、第1レンズ群による距離合わせよりも、所謂リアーフォーカス式の方が適している。

【0009】 しかしながら、以上に挙げた公報は、バックフォーカスが短かったり、変倍による像面変動の補正とフォーカスを1つのレンズ群で行うために、レンズ群の移動量が大きくなり早い合焦が難しかった。

【0010】 本発明の目的は、上記従来例の欠点を改善し、長いバックフォーカスを確保しつつ、高変倍比を達成し、フォーカスレンズ群を独立にして移動量を減らし、全ズーム域・全物体距離にわたって良好な性能を有するリアーフォーカス式ズームレンズの提供を目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】そして、本発明の特徴とするところは、物体側より順に、固定で正屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、固定で正の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、前記第2レンズ群を像面側へ移動させるとともに、前記第4レンズ群を物体側に凹の軌跡で移動させ、フォーカシングを前記第5レンズ群を移動させて行うことにある。

【0012】又、他の特徴とするところは、以下実施例で述べることにする。

【0013】

【発明の実施の形態】図1から図5は、本発明の関する数値実施例1～5のズームレンズの断面図である。又、図6～図10は各数値実施例の諸収差図を示し、特に（A）は広角端、（B）は中間画角、（C）は望遠端の諸収差図を各々示す。

【0014】物体側より順に、L1は固定で正屈折力を有する第1レンズ群、L2は負の屈折力を有する第2レンズ群、L3は固定で正の屈折力を有する第3レンズ群、L4は負の屈折力を有する第4レンズ群、L5は正の屈折力を有する第5レンズ群で、矢印で示す通り広角端から望遠端への変倍に際し、前記第2レンズ群を像面側へ移動させるとともに、前記第4レンズ群を物体側に凹の軌跡で移動させ、フォーカシングを前記第5レンズ群を移動させて行っている。

【0015】尚、SPは3群前方に固定配置した絞りである。Gはフェースプレート、フィルター、色分解プリズム等のガラスブロックを示している。又、フォーカシングにおいて至近物体の軌跡を5b、無限遠物体の軌跡を5aで示している。このように、望遠側へいくに従って、第5レンズ群の物体側への繰り出し量が大きくなっている。本実施例では、約1.5～1.6倍という高いズーム比を与えながらもこうしたリアフォーカス方式を採用して、前玉径の短縮化を図るとともに、近距離物体に対する焦点合わせを可能としている。

【0016】一般のズームレンズではレンズの重量のうち5～8割を第1群が占めている。そのためズームレンズの軽量化を図るには、第1群のレンズの材料を軽くするか第1群のレンズ径を小さくして体積を減少させることが有効である。そこで本実施例では、第1群のレンズ径を小さくしてズームレンズ全体の軽量化を図っている。すなわち、絞りを第4群よりも後方に配置したズームレンズに比べて絞りを第1群に近い第2群と第3群との間または第3群のすぐ後方または第3群中に配置することにより第1群のレンズ径の小型化を達成している。そして、本実施例では広角側の斜光線で決定される第1群のレンズ径と望遠端の軸上光線（Fナンバー光線）により決定される第1群のレンズ径の両方においてレンズ有効径が小さくなるようにレンズ群を配置している。

【0017】以上で、本発明の目的を達成することは十分に可能であるが、所定のバックフォーカスを確保し、良好な光学性能を与えるには、広角端の焦点距離を $f_W$ 、望遠端の焦点距離を $f_T$ 、第3レンズ群の焦点距離を $f_3$ とし、

【0018】

【外2】

$$f_M = \sqrt{f_W \cdot f_T}$$

とした時、

$$0.95 < f_3 / f_M < 1.41 \dots (1)$$

なる条件式を満足させるとよい。

【0019】この条件式は、第3レンズ群の焦点距離を規制するものでバックフォーカスと大きく関係してくる。条件式の下限値を越えて第3レンズ群の焦点距離を短くすると色分解プリズムを配置するために必要なバックフォーカスを確保することが困難になる。又、球面収差や非点収差のズーミングによる収差変動が大きくなり好ましくない。逆に、上限値を越えて第3レンズ群の焦点距離をむやみに長くすると、バックフォーカスは長くなるものの第4レンズ群の移動量が大きくなりレンズ全長が長くなって小型化が達成できなくなる。

【0020】また、更に良好な収差補正と全長の短縮効果を効果的に達成するためには、以下の条件式を満足する事が好ましい。

$$0.51 < D_{4W} / f_M < 1.97 \dots (2)$$

ただし、広角端の無限遠物体における前記第4レンズ群と前記第5レンズ群のレンズ間隔を $D_{4W}$ 、 $f_M$ は

【0022】

【外3】

$$f_M = \sqrt{(f_W \cdot f_T)}$$

で与えられる。

【0023】この条件式は、変倍にともなう像面変動の補正を行う第4群レンズの移動範囲を規定するものである。条件式の下限値を越えて第4レンズ群と前記第5レンズ群のレンズ間隔を短くすると至近距離物体に対してフォーカシングを行うことが困難となる。逆に、上限値を越えるとフォーカシングは比較的容易に行うことができるが、レンズ全体が大型化し好ましくない。

【0024】また、第4レンズ群を広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側に凹状の軌跡を描くことによりスペース効率を高めている。

【0025】また、色分解プリズムを配置するには以下の条件を満足することが好ましい。

$$0.95 < BF / f_M < 1.50 \dots (3)$$

ただし、BFは広角端におけるレンズ後方から像面までの距離を空気に換算したときの距離である。条件式の下限値を越えるとバックフォーカスが十分に確保できず明るいFNoに対応した色分解プリズムの配置が困難にな

る。逆に、上限値を越えるとバックフォーカスは十分に確保できるもののレンズ全長が大きくなり好ましくない。

【0027】更に条件式(1)と関係してくるが、レンズ後方に色分解プリズムを配置できる長いバックフォーカスを確保するためには以下の条件を満足することが好ましい。

【0028】

$$1. 0.5 < |f_4| / f_M < 2.65 \dots (4)$$

ただし、 $f_4$  は第4レンズ群の焦点距離である。

【0029】この条件式は、第4群の焦点距離を規制するものでバックフォーカスと大きく関係してくる。条件式の下限値を越えて第4群の焦点距離を短くするとバックフォーカスは長くなるものの第4群で発生する収差が大きくなり補正するのが困難になる。逆に、上限値を越えて第4群の焦点距離を長くすると、色分解プリズムを配置するために必要なバックフォーカスを確保することが困難になる。また、像面補正ための移動量が大きくなりレンズ全長が長くなって好ましくない。

【0030】また、本発明の目的の1つは、前述の如く高変倍を目的としたものであるから変倍に伴って発生する収差は第1群及び第2群においてキャンセルすることが望ましい。それには第1群と第2群の焦点距離を  $f_1$ 、 $f_2$  とすると、

$$4. 9 < |f_1 / f_2| < 7.1 \dots (5)$$

を満足することである。条件式の下限値を越えると高変倍のために第2群の移動量を大きく取る必要があり大型化し前玉径が大きくなる。逆に、上限値を越えるとベツツパール和が負に大きくなり像面が大きくプラス側に倒れる傾向になり好ましくない。

【0031】更に、第1群のレンズ径の小型化及び全長の短縮化と良好な収差補正を効果的に達成するためには、以下の条件式を満足する事が好ましい。

【0032】特に、ズーミングにより発生するコマ収差の変動を効果的に補正するためには、以下の条件式を満足する事が好ましい。

【0033】

$$0.48 < |f_2| \cdot FNO / f_M < 0.90 \dots (6)$$

この条件式は、第2群の焦点距離を規制するもので広角端のFNOと大きく関係してくる。第2群は主に変倍機能を有するためズーミングで光軸上を移動する。そのために発生する収差変動を良好に補正しなければならない。特に、コマ収差が大きく変動する。これを良好に補

正するための条件である。

【0034】条件式の下限値を越えて広角端のFNOを明るくしたり、第2群の焦点距離を短くすると高次のコマフレアーが大きく発生して補正が困難になる。逆に、上限値を越えて第2群の焦点距離をむやみに長くしたり、広角端のFNOを暗くすると、性能は上がるもののレンズ全長が長くなり小型化が達成できなくなる。

【0035】以上により、簡単な構成でありながら変倍比1.4~1.5と高変倍でFNO1.6程度と大口径でしかも高い光学性能を維持することを可能とした。

【0036】また、第5群に非球面を採用する事により、実施例で示される様に大口径、超高倍ズームレンズでありながらも光学性能の高いズームレンズを達成することが可能となる。

【0037】また、第5群中の非球面は、主に球面収差の高次のフレアー成分の非点収差を補正するために用いられており、そのためにはより強い凸面に施すのが効果的である。従って第5群の正の屈折力が一番大きい正レンズに非球面を採用するのが最も良い。

【0038】尚、非球面は、基本的に球面収差の補正を目的としているため、レンズの周辺部にいくにしたがつて正の屈折力が弱くなる形状となることが望ましい。

【0039】以下に、本発明の実施例を記載する。

【0040】数値実施例において、 $R_i$  は物体側より順に第*i*番目のレンズ面の曲率半径、 $D_i$  は物体側より順に第*i*番目のレンズ厚及び空気間隔、 $N_i$  と  $v_i$  はそれぞれ物体側より順に第*i*番目のレンズのガラスの屈折率とアッベ数である。

【0041】又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表-1に示す。

【0042】非球面形状は、光軸方向にX軸、光軸と垂直方向H軸、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、各非球面係数をK、B、C、D、Eとしたとき、

【0043】

【外4】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

なる式で表している。

【0044】又例えば「 $e-X$ 」の表示は「 $10^{-X}$ 」を意味する。

【0045】

【表1】

表 1

条 件 式	数 値 実 施 例				
	1	2	3	4	5
(1)	1. 1 1	1. 1 2	1. 1 0	1. 1 7	1. 1 3
(2)	1. 6 4	0. 5 4	1. 4 6	1. 1 8	0. 9 8
(3)	1. 0 1	1. 0 2	1. 0 3	1. 0 8	1. 1 1
(4)	1. 6 3	2. 4 1	1. 3 5	1. 3 9	1. 1 3
(5)	6. 4 5	5. 5 2	6. 5 0	5. 9 5	5. 7 9
(6)	0. 6 1	0. 8 1	0. 7 4	0. 7 7	0. 7 6

【0046】

【外5】

数值实施例1

f=1~16.52		Fno=1.65~2.45		2ω= 59.5° ~4.0°			
R 1=	10.532	D 1=	0.34	N 1=	1.846660	ν 1=	23.8
R 2=	6.554	D 2=	1.16	N 2=	1.603112	ν 2=	60.7
R 3=	-146.040	D 3=	0.04				
R 4=	5.655	D 4=	0.71	N 3=	1.603112	ν 3=	60.7
R 5=	11.474	D 5=	可変				
R 6=	5.408	D 6=	0.16	N 4=	1.882997	ν 4=	40.8
R 7=	1.337	D 7=	0.59				
R 8=	-1.993	D 8=	0.14	N 5=	1.804000	ν 5=	46.6
R 9=	12.924	D 9=	0.20				
R10=	6.189	D10=	0.39	N 6=	1.846660	ν 6=	23.8
R11=	-7.106	D11=	可変				
R12=	絞り	D12=	0.54				
R13=	-21.545	D13=	0.38	N 7=	1.719995	ν 7=	52.7
R14=	-4.959	D14=	0.04				
R15=	10.787	D15=	0.80	N 8=	1.696797	ν 8=	55.5
R16=	-3.581	D16=	0.18	N 9=	1.846660	ν 9=	23.8
R17=	-9.398	D17=	可変				
R18=	-4.153	D18=	0.39	N10=	1.846660	ν 10=	23.8
R19=	-2.718	D19=	0.16	N11=	1.603112	ν 11=	60.7
R20=	15.787	D20=	可変				
R21=	3.405	D21=	0.16	N12=	1.846660	ν 12=	23.8
R22=	2.131	D22=	1.25	N13=	1.583126	ν 13=	59.4
* R23=	-5.728	D23=	0.54				
R24=	∞	D24=	0.14	N14=	1.550000	ν 14=	60.0
R25=	∞	D25=	0.28	N15=	1.520000	ν 15=	69.0
R26=	∞	D26=	3.57	N16=	1.589130	ν 16=	61.2
R27=	∞	D27=	0.10	N17=	1.550000	ν 17=	60.0
R28=	∞	D28=	0.14	N18=	1.516330	ν 18=	64.2
R29=	∞						

焦点距離	W	M	T
可変間隔	1.00	7.31	16.52
D 5	0.25	4.77	6.05
D 11	7.23	2.71	1.44
D 17	0.45	4.68	4.38
D 20	6.67	2.44	2.74

非球面係数

R23 k=1.14847e+00 B=4.00705e-03 C=2.93119e-04 D=-1.99919e-04 E=1.35826e-05

【0047】

【外6】

## 数値実施例2

f=1~16.16		Fno=1.65~2.45		2 $\omega$ =59.5°~4.0°			
R 1=	18.530	D 1=	0.34	N 1=	1.846660	$\nu$ 1=	23.8
R 2=	8.355	D 2=	1.11	N 2=	1.603112	$\nu$ 2=	60.7
R 3=	-44.663	D 3=	0.04				
R 4=	7.538	D 4=	0.68	N 3=	1.712995	$\nu$ 3=	53.8
R 5=	21.869	D 5=	可変				
R 6=	8.917	D 6=	0.16	N 4=	1.882997	$\nu$ 4=	40.8
R 7=	1.881	D 7=	0.64				
R 8=	-3.464	D 8=	0.14	N 5=	1.882997	$\nu$ 5=	40.8
R 9=	3.684	D 9=	0.18				
R10=	4.262	D10=	0.52	N 6=	1.846659	$\nu$ 6=	23.8
R11=	-3.641	D11=	0.07				
R12=	-3.558	D12=	0.14	N 7=	1.772499	$\nu$ 7=	49.6
R13=	-7.985	D13=	可変				
R14=	絞り	D14=	0.54				
R15=	-15.508	D15=	0.18	N 8=	1.854604	$\nu$ 8=	45.5
R16=	4.726	D16=	0.18				
R17=	5.565	D17=	0.89	N 9=	1.603112	$\nu$ 9=	60.7
R18=	-3.783	D18=	0.04				
R19=	6.721	D19=	0.98	N10=	1.603112	$\nu$ 10=	60.7
R20=	-3.243	D20=	0.18	N11=	1.728860	$\nu$ 11=	29.2
R21=	-6.871	D21=	可変				
R22=	-3.953	D22=	0.39	N12=	1.846660	$\nu$ 12=	23.8
R23=	-2.947	D23=	0.16	N13=	1.603112	$\nu$ 13=	60.7
R24=	-26.061	D24=	可変				
R25=	27.673	D25=	0.16	N14=	1.846660	$\nu$ 14=	23.8
R26=	4.688	D26=	1.25	N15=	1.583126	$\nu$ 15=	59.4
* R27=	-2.960	D27=	0.54				
R28=	$\infty$	D28=	0.14	N16=	1.550000	$\nu$ 16=	60.0
R29=	$\infty$	D29=	0.29	N17=	1.520000	$\nu$ 17=	69.0
R30=	$\infty$	D30=	3.57	N18=	1.589130	$\nu$ 18=	61.2
R31=	$\infty$	D31=	0.10	N19=	1.550000	$\nu$ 19=	60.0
R32=	$\infty$	D32=	0.14	N20=	1.516330	$\nu$ 20=	64.2
R33=	$\infty$						

焦点距離	W	M	T
可変間隔	1.00	6.15	16.16
D 5	0.23	5.95	7.56
D 13	8.81	3.09	1.48
D 21	0.58	2.31	0.44
D 24	2.16	0.43	2.30

## 非球面係数

R27 k=2.18787e-02 B=6.57527e-03 C=4.06260e-04 D=-2.89593e-05 E=0.00000e+00

【0048】

【外7】

## 数値実施例3

f=1~16.04		Fno=1.65~2.45		2ω= 59.5° ~4.1°			
R 1=	11.235	D 1=	0.34	N 1=	1.846660	ν 1=	23.8
R 2=	6.998	D 2=	1.16	N 2=	1.603112	ν 2=	60.7
R 3=	-150.551	D 3=	0.04				
R 4=	6.113	D 4=	0.71	N 3=	1.603112	ν 3=	60.7
R 5=	11.783	D 5=	可変				
R 6=	5.230	D 6=	0.17	N 4=	1.882997	ν 4=	40.8
R 7=	1.492	D 7=	0.73				
R 8=	-2.317	D 8=	0.15	N 5=	1.804000	ν 5=	46.6
R 9=	10.338	D 9=	0.21				
R10=	6.189	D10=	0.45	N 6=	1.846660	ν 6=	23.8
R11=	-7.667	D11=	可変				
R12=	絞り	D12=	0.54				
R13=	-18.130	D13=	0.37	N 7=	1.719993	ν 7=	55.5
R14=	-5.028	D14=	0.04				
R15=	10.028	D15=	0.80	N 8=	1.896797	ν 8=	55.5
R16=	-3.338	D16=	0.18	N 9=	1.846660	ν 9=	23.8
R17=	-8.244	D17=	可変				
R18=	-3.717	D18=	0.39	N10=	1.846660	ν 10=	23.8
R19=	-2.407	D19=	0.16	N11=	1.603112	ν 11=	60.7
R20=	10.069	D20=	可変				
R21=	3.154	D21=	0.16	N12=	1.846660	ν 12=	23.8
R22=	2.031	D22=	1.25	N13=	1.583126	ν 13=	59.4
* R23=	-5.435	D23=	0.54				
R24=	∞	D24=	0.14	N14=	1.550000	ν 14=	60.0
R25=	∞	D25=	0.29	N15=	1.520000	ν 15=	89.0
R26=	∞	D26=	3.57	N16=	1.589130	ν 16=	61.2
R27=	∞	D27=	0.10	N17=	1.550000	ν 17=	60.0
R28=	∞	D28=	0.14	N18=	1.516330	ν 18=	64.2
R29=	∞						

焦点距離	W	M	T
可変間隔	1.00	7.72	16.04
D 5	0.19	5.21	6.62
D 11	7.23	2.22	0.81
D 17	0.45	3.94	3.22
D 20	5.86	2.36	3.08

## 非球面係数

R23 k=-1.30563e+00 B=3.39268e-03 C=3.35607e-04 D=-3.18015e-04 E=3.72611e-05

【0049】

【外8】



## 数値実施例4

f=1~14.48		Fno=1.65~2.45		2 $\omega$ = 59.5° ~4.5°			
R 1=	9.805	D 1=	0.34	N 1=	1.846660	$\nu$ 1=	23.8
R 2=	6.278	D 2=	1.16	N 2=	1.603112	$\nu$ 2=	60.7
R 3=	238.358	D 3=	0.04				
R 4=	5.855	D 4=	0.71	N 3=	1.603112	$\nu$ 3=	60.7
R 5=	10.803	D 5=	可変				
R 6=	5.169	D 6=	0.17	N 4=	1.882997	$\nu$ 4=	40.8
R 7=	1.427	D 7=	0.73				
R 8=	-2.504	D 8=	0.15	N 5=	1.804000	$\nu$ 5=	46.6
R 9=	6.550	D 9=	0.21				
R10=	5.180	D10=	0.45	N 6=	1.846660	$\nu$ 6=	23.8
R11=	-7.262	D11=	可変				
R12=	絞り	D12=	0.54				
R13=	-70.003	D13=	0.18	N 7=	1.603112	$\nu$ 7=	60.7
R14=	4.859	D14=	0.18				
R15=	5.274	D15=	0.89	N 8=	1.603112	$\nu$ 8=	60.7
R16=	-4.413	D16=	0.04				
R17=	9.128	D17=	0.98	N 9=	1.603112	$\nu$ 9=	60.7
R18=	-3.489	D18=	0.18	N10=	1.846659	$\nu$ 10=	23.8
R19=	-7.977	D19=	可変				
R20=	-3.645	D20=	0.39	N11=	1.846660	$\nu$ 11=	23.8
R21=	-2.430	D21=	0.16	N12=	1.603112	$\nu$ 12=	60.7
R22=	10.438	D22=	可変				
R23=	3.252	D23=	0.16	N13=	1.846660	$\nu$ 13=	23.8
R24=	2.055	D24=	1.25	N14=	1.583126	$\nu$ 14=	59.4
* R25=	-5.137	D25=	0.54				
R26=	$\infty$	D26=	0.14	N15=	1.550000	$\nu$ 15=	60.0
R27=	$\infty$	D27=	0.29	N16=	1.520000	$\nu$ 16=	69.0
R28=	$\infty$	D28=	3.57	N17=	1.589130	$\nu$ 17=	61.2
R29=	$\infty$	D29=	0.10	N18=	1.550000	$\nu$ 18=	60.0
R30=	$\infty$	D30=	0.14	N19=	1.516330	$\nu$ 19=	64.2
R31=	$\infty$						

焦点距離 可変間隔	W	M	T
	1.00	6.83	14.48
D 5	0.20	5.22	6.63
D 11	7.23	2.22	0.81
D 19	0.45	2.97	2.10
D 22	4.50	1.98	2.85

## 非球面係数

R25 k=-2.40730e-01 B=3.78043e-03 C=4.37561e-04 D=-3.59221e-04 E=4.78237e-05

【0050】

【外9】

## 数値実施例5

f=1~14.93		Fno=1.65~1.75		2ω= 59.5° ~4.4°			
R 1=	11.922	D 1=	0.45	N 1=	1.846660	ν 1=	23.8
R 2=	6.895	D 2=	1.61	N 2=	1.603112	ν 2=	60.7
R 3=	-152.524	D 3=	0.04				
R 4=	5.897	D 4=	1.07	N 3=	1.603112	ν 3=	60.7
R 5=	12.881	D 5=	可変				
R 6=	7.863	D 6=	0.16	N 4=	1.882997	ν 4=	40.8
R 7=	1.345	D 7=	0.77				
R 8=	-2.485	D 8=	0.14	N 5=	1.804000	ν 5=	46.6
R 9=	7.417	D 9=	0.20				
R10=	5.033	D10=	0.46	N 6=	1.846660	ν 6=	23.8
R11=	-5.345	D11=	可変				
R12=	-30.502	D12=	0.18	N 7=	1.622992	ν 7=	58.1
R13=	4.609	D13=	0.18				
R14=	4.834	D14=	0.89	N 8=	1.603112	ν 8=	60.7
R15=	-4.095	D15=	0.04				
R16=	10.225	D16=	0.98	N 9=	1.603112	ν 9=	60.7
R17=	-2.874	D17=	0.18	N10=	1.846659	ν 10=	23.8
R18=	-6.436	D18=	可変				
R19=	絞り	D19=	0.35				
R20=	-3.243	D20=	0.39	N11=	1.846660	ν 11=	23.8
R21=	-2.224	D21=	0.16	N12=	1.603112	ν 12=	60.7
R22=	7.677	D22=	可変				
R23=	3.294	D23=	0.16	N13=	1.846660	ν 13=	23.8
R24=	2.128	D24=	1.25	N14=	1.583126	ν 14=	59.4
* R25=	-4.392	D25=	0.54				
R26=	∞	D26=	0.14	N15=	1.550000	ν 15=	60.0
R27=	∞	D27=	0.29	N16=	1.520000	ν 16=	69.0
R28=	∞	D28=	3.57	N17=	1.589130	ν 17=	61.2
R29=	∞	D29=	0.10	N18=	1.550000	ν 18=	60.0
R30=	∞	D30=	0.14	N19=	1.516330	ν 19=	64.2
R31=	∞						

焦点距離	W	M	T
可変間隔	1.00	8.23	14.93
D 5	0.16	5.18	6.59
D 11	7.16	2.14	0.73
D 18	0.32	0.32	0.32
D 22	3.77	1.36	3.71

## 非球面係数

R25 k=-4.61514e-01 B=5.08643e-03 C=2.58622e-04 D=-3.09471e-04 E=5.32173e-05

## 【0051】

【発明の効果】以上説明したように構成することにより、長いバックフォーカスを確保しつつ、高変倍比を達成し、フォーカスレンズ群を独立にして移動量を減らし、全ズーム域・全物体距離にわたって良好な性能を有する、大口径のリアフォーカス式ズームレンズの提供が可能になった。

## 【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明に関する数値実施例1のレンズ断面図。  
 【図2】本発明に関する数値実施例2のレンズ断面図。  
 【図3】本発明に関する数値実施例3のレンズ断面図。  
 【図4】本発明に関する数値実施例4のレンズ断面図。  
 【図5】本発明に関する数値実施例5のレンズ断面図。  
 【図6】本発明に関する数値実施例1の諸収差図。

【図7】本発明に関する数値実施例2の諸収差図。

【図8】本発明に関する数値実施例3の諸収差図。

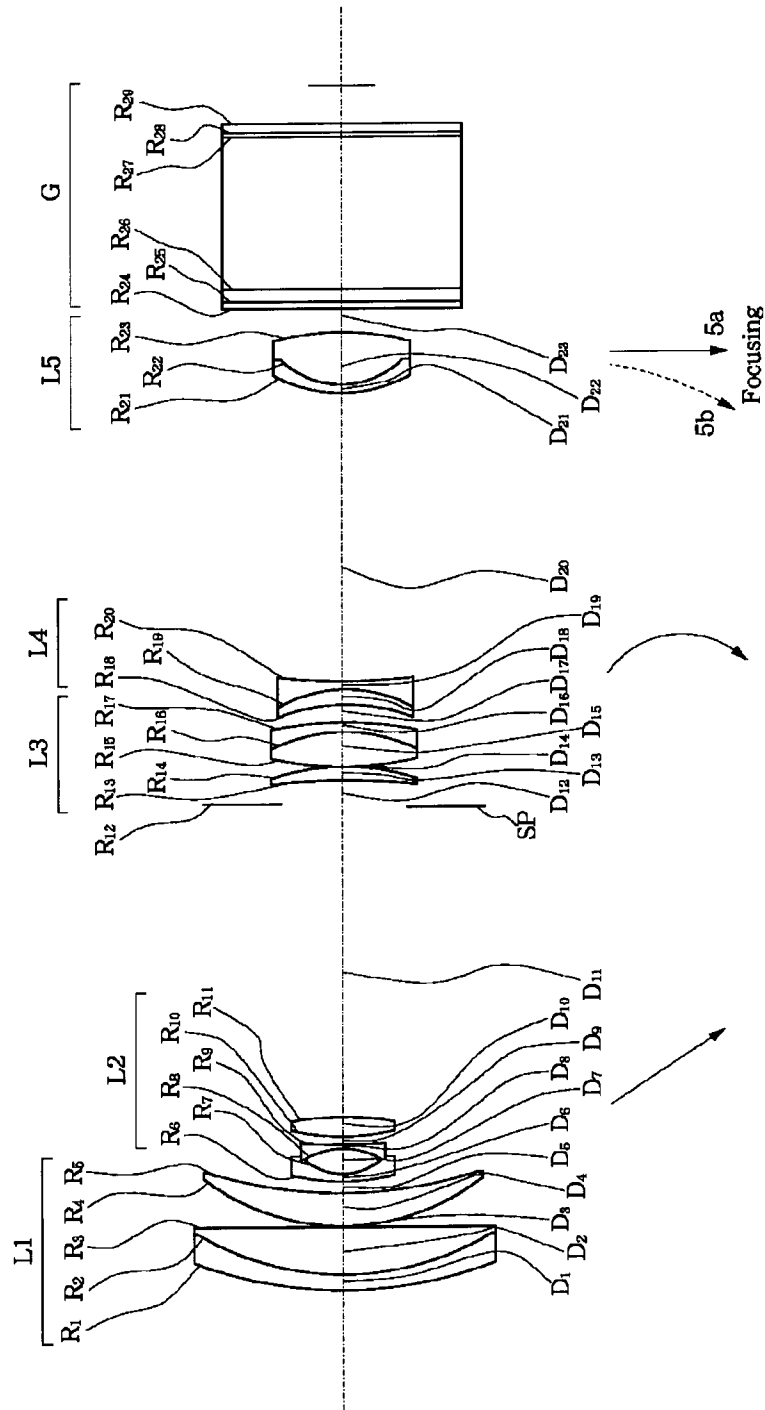
【図9】本発明に関する数値実施例4の諸収差図。

【図10】本発明に関する数値実施例5の諸収差図。

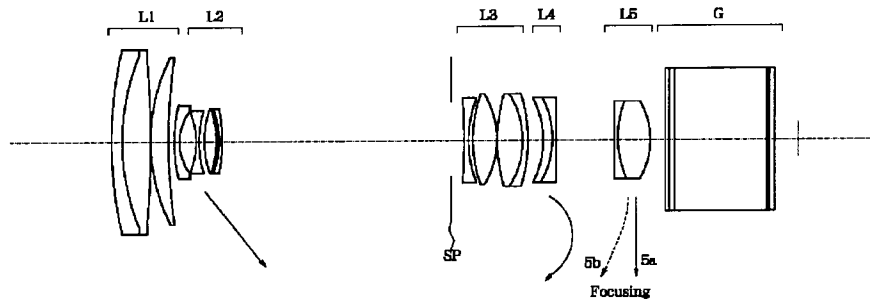
## 【符号の説明】

- L 1 第1レンズ群  
 L 2 第2レンズ群  
 L 3 第3レンズ群  
 L 4 第4レンズ群  
 L 5 第5レンズ群  
 $\Delta$  M メリディオナル像面  
 $\Delta$  S サジタル像面  
 d d線  
 c c線

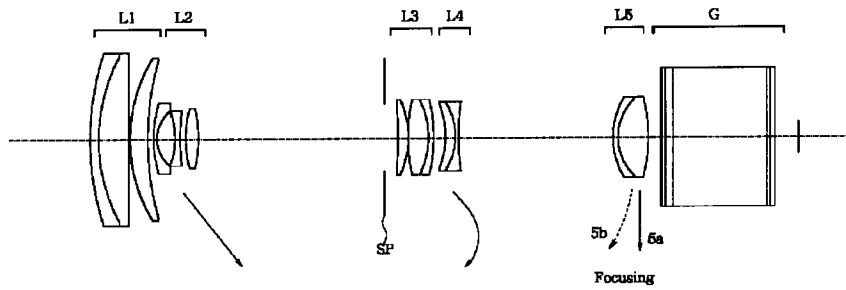
【図1】



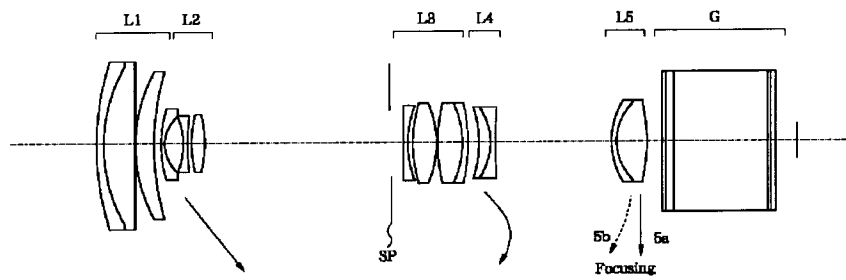
【図2】



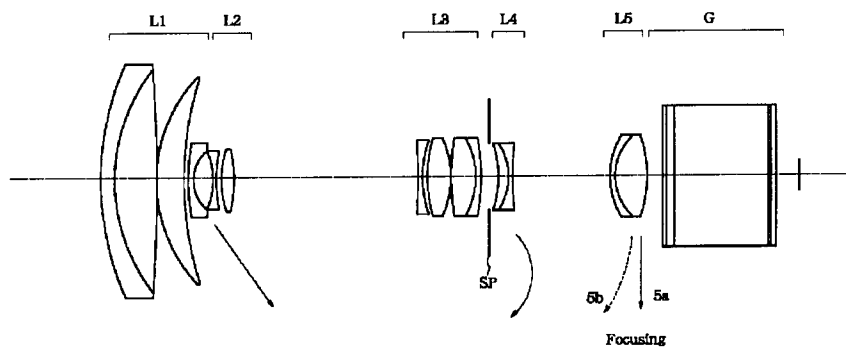
【図3】



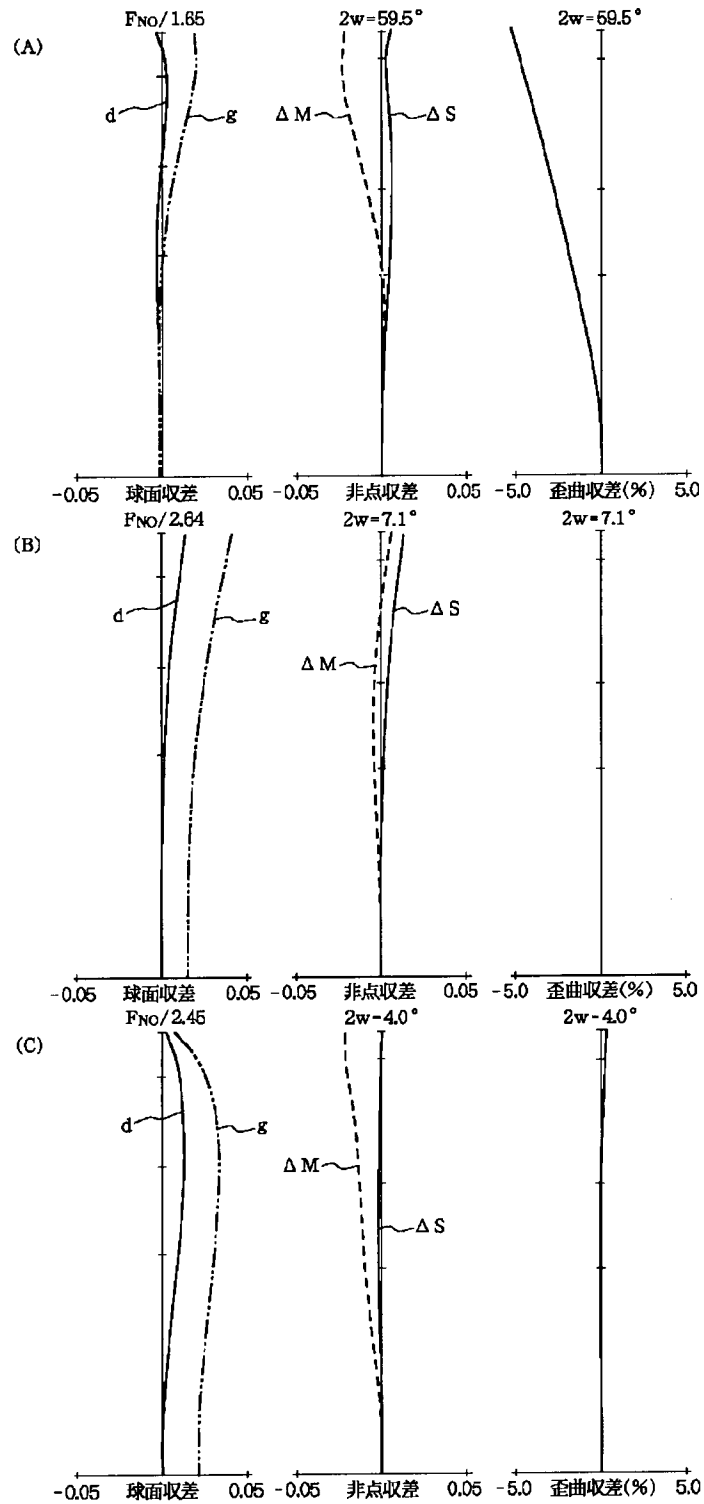
【図4】



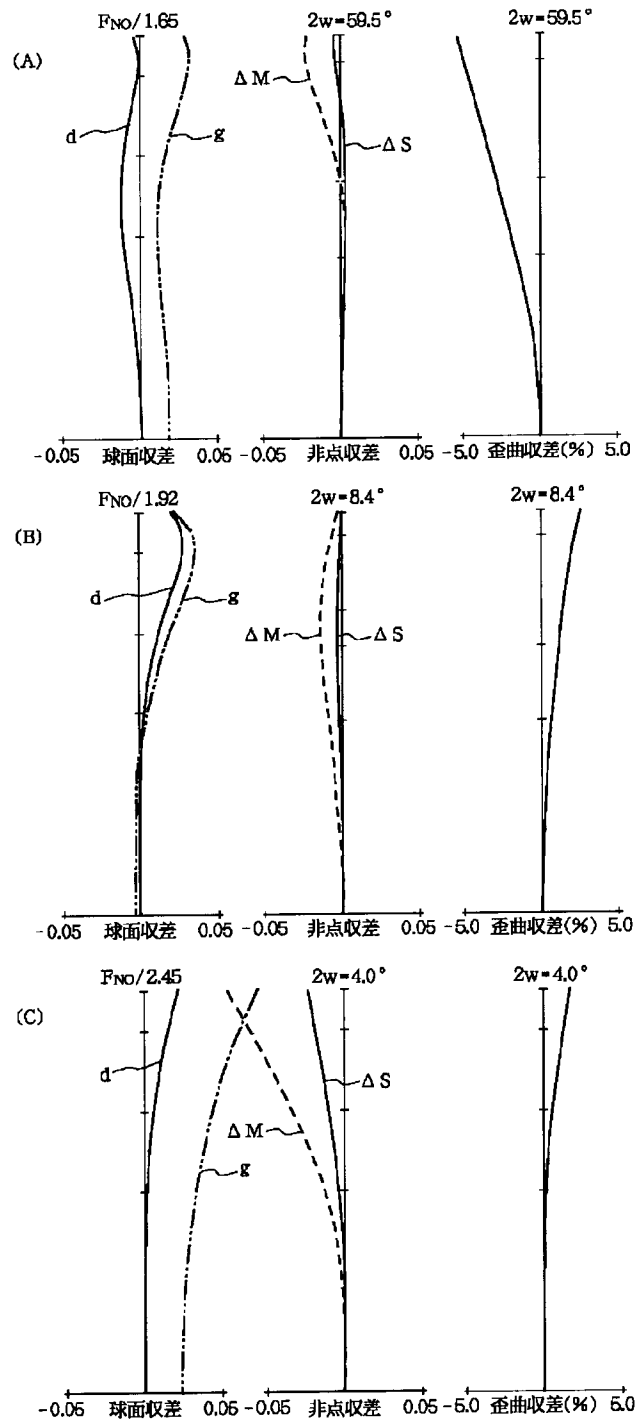
【図5】



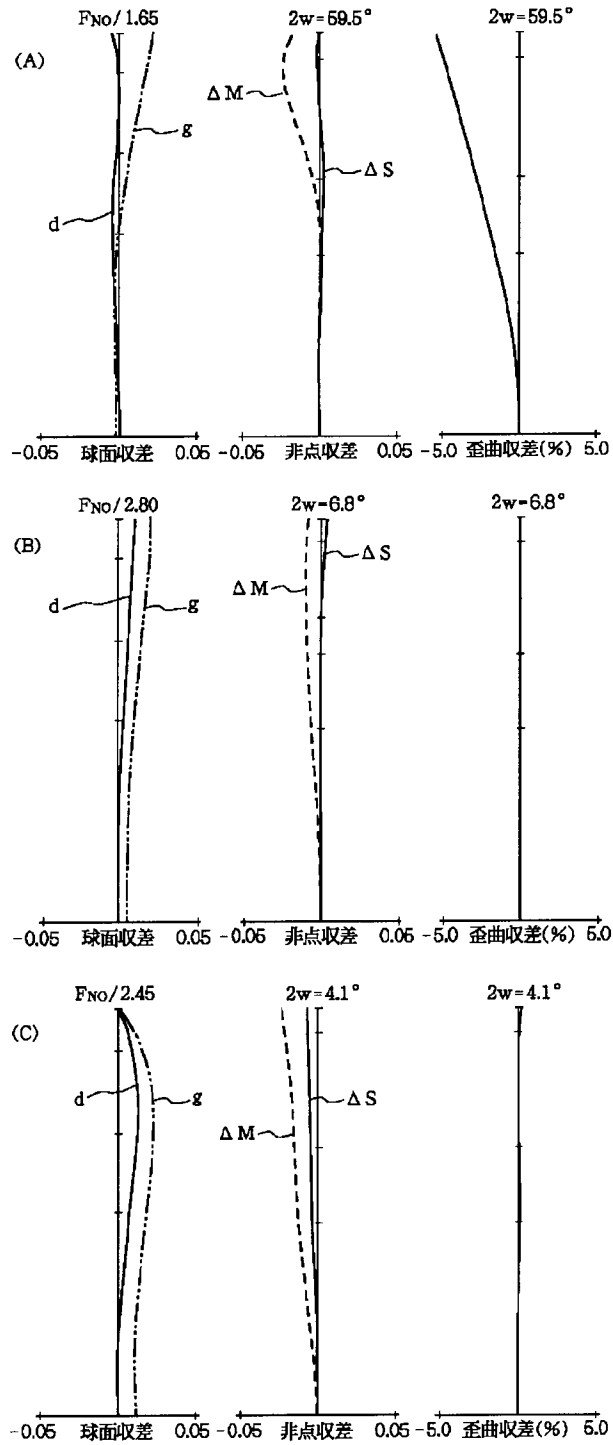
【図6】



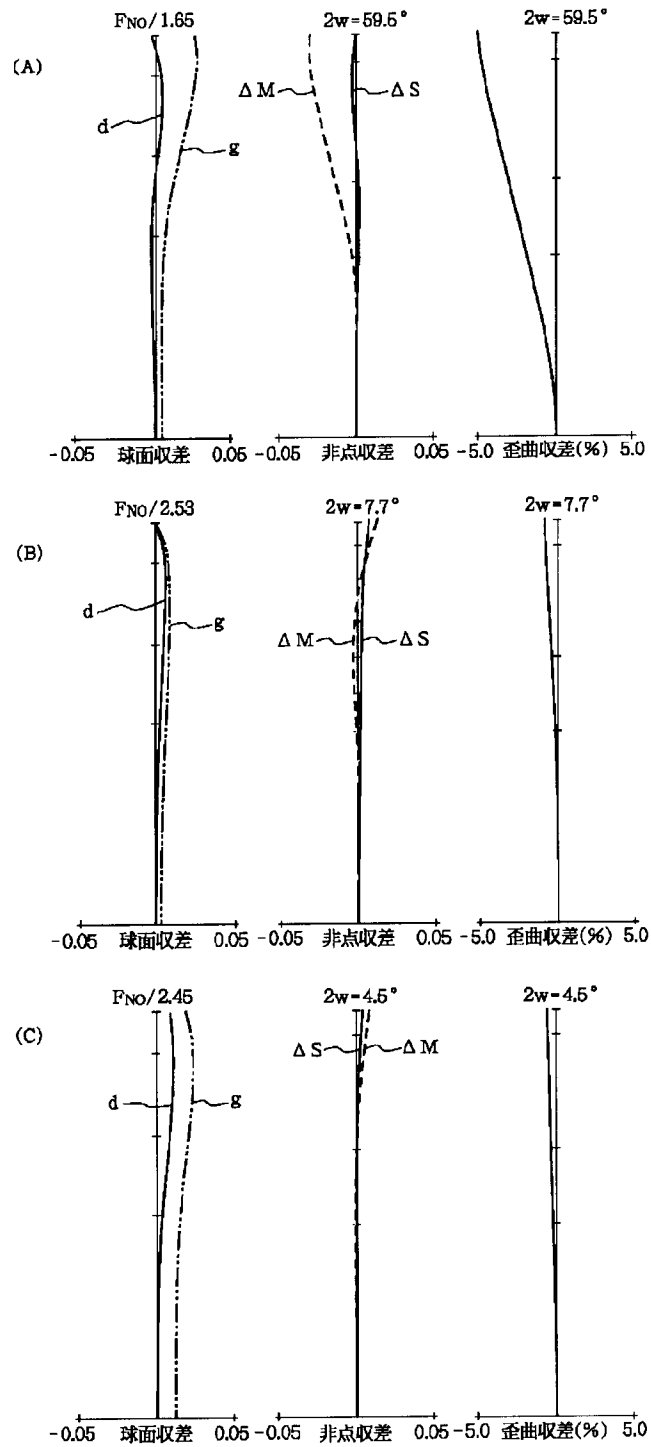
【图7】



【図8】



【図9】





【図10】

